

## ПРОЦЕС ТЕПЛООБМІНУ МІЖ ЗЕРНІВКАМИ ТА ОХОЛОДЖУВАЛЬНИМ ПОВІТРЯМ У ЗЕРНОСХОВИЩІ

Кюрчев С.В., Кюрчева Л.М., Верхованцева В.О.,

Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, wer.valentina@gmail.com

У багатьох технологічних процесах, а також у техніці й побуті, при сушінні і зволоженні матеріалу, опаленні приміщень, при пневматичному приводі механізмів як робоче тіло застосовується повітря. При розрахунках вказаних процесів необхідно знати властивості і параметри атмосферного повітря, який завжди містить деяку кількість вологи.

Атмосферне повітря являє собою суміш сухого повітря і водяної пари, будучи так званим вологим повітрям. При охолодженні повітря нижче температури точки роси відбувається конденсація водяної пари. В природних умовах прикладом подібного явища є утворення туману [1, 2].

Виходячи з самої природи зерна та можливих втрат врожаю виникає необхідність у захисті його від активного впливу факторів абіотичного середовища, а також у створенні таких умов протягом зберігання, які б попереджували інтенсивний обмін речовин у клітинах зерна.

Механізм процесу передачі теплоти від зерна до охолодженого повітря при охолодженні можна розділити на 2 етапи. На першому етапі при працюючій холодильній установці і при примусовій подачі охолоджуючого повітря заснованим способом відводу теплоти від зерна можна вважати конвективну тепловіддачу з поверхні зернівки. На другому етапі при вимкненій холодильній машині і вентиляторі, подающем охолоджуюче повітря теплова енергія передається за рахунок теплопровідності шару зерна, який можна розглядати, як двокомпонентну пористе середовище, яке складається з скелетної структури дотичних між собою зерен і парогазового середовища заповнює простір між зернами [1,3].

Ми пропонуємо розглянути перший етап при працюючій холодильній установці і при примусовій подачі охолоджувального повітря.

При подачі охолоджуючого повітря вентилятором (рис. 1) розподіл температур підпорядковується диференціальному рівнянню енергії:

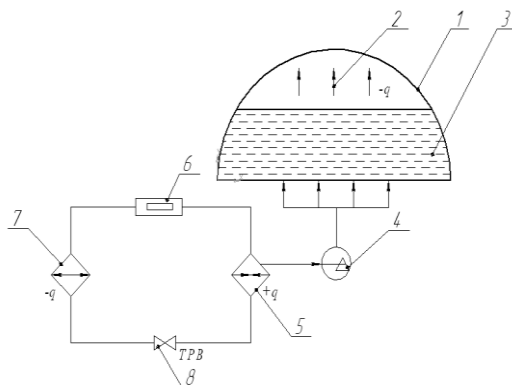


Рисунок 1 – Схема вентилятора з охолоджувачем, який працює (конвективна тепловіддача):

1 – зернохранилище; 2 – охолоджене повітря; 3 – зерно; 4 – вентилятор; 5 – випарник; 6 – компресор; 7 – конденсатор; 8 – клапан.

Наведемо диференціальне рівняння енергії:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + W_x \frac{\partial t}{\partial x} + W_y \frac{\partial t}{\partial y} + W_z \frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\lambda}{\rho c} \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

де  $\frac{\partial t}{\partial \tau}$  – зміна температури за часом;

$W_x, W_y, W_z$  – швидкість потоку парогазового середовища по осях  $x, y, z$ ;

$\frac{\partial t}{\partial x}, \frac{\partial t}{\partial y}, \frac{\partial t}{\partial z}$  – градієнт температури в прикордонному шарі в точці зіткнення охолоджуючого

повітря з поверхнею зерна;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності  $\frac{Вт}{м \cdot К}$ ;

$\rho$  – насипна щільність,  $\frac{кг}{м^3}$ ;

$c$  – питома масова теплоємність,  $\frac{Дж}{кг \cdot К}$ ;

$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 t}{\partial y^2}, \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}$  – друга похідна зміни температури по осях  $x, y, z$ .

Другу похідну зміни температури можна представити у вигляді, наприклад для осі  $x$ :

$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial t}{\partial x} \right)$ , тобто вона визначає інтенсивність зміни градієнта температури по осях або

інтенсивність зміни теплового потоку в цьому напрямку.

Для представлення диференціального рівняння теплообміну врахуємо, що все передане від зерна кількість теплоти проходить через граничний шар.

Тобто щільність теплового потоку за рахунок теплопровідності зернівки і за рахунок конвективного теплообміну повинні бути рівні (2):

$$q_{\text{теплопров}} = q_{\text{конвек}} \text{ або } -\lambda_{\text{зерн}} \left( \frac{\partial t}{\partial x} \right) = \alpha (t_{\text{зерн}} - t_{\text{охолпов}}) \quad (2)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні зерна до охолодженого повітря,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ .

При заповненні пір повітрям відносна вологість його коливається в зазначений період з липня – грудень від 37- 85%, тому кількість випарувалася із зерна вологи буде різна. Для його визначення скористаємося Н-д діаграмою вологого повітря Л.К. Рамзіна.

Таким чином, данні рівняння можна використовувати при розрахунках теплообміну процесу охолодження зерна, що дозволить розрахувати періодичність роботи холодильної машини і дуттєвого вентилятора в металевому зерносховищі.

#### Список інформаційних джерел

1. Кюрчев С.В. Конструктивные особенности установки для охлаждения и сушки зерна активным вентилированием С.В. Кюрчев, В.А. Верхованцева // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип.5, Т.1. – С. 108 – 113. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>
2. Вобликов Е.М. Технология хранения зерна /Е.М. Вобликов. Учебн.для вузов. Под ред. Е.М. Вобликова. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 448с.
3. Кюрчев С.В. Исследование рабочего процесса при вентилировании зерна в зернохранилище / С.В. Кюрчев, В.А. Верхованцева // Ежемесячный научный журнал Международного научного института «EDUCATION». – Новосибирск: Международный научный институт «EDUCATION», 2015. – №9(16). – С. 75 – 76.

## ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ПАЛИВА ДЛЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Андрєєв А.А., к.т.н., доцент, Максимов В.І., викладач

*Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Херсон*  
*andreev.cme@gmail.com*

Рациональне використання палива і енергетичних ресурсів, останнім часом, є доволі актуальним і важливим питанням для України і у світі. Власники суднохідних кампаній прагнуть до зменшення витрати палива в загальній частині експлуатаційних витрат суднової енергетичної установки. Досягається це різними способами: вдосконаленням конструкції ДВЗ та систем, що його обслуговують, використанням дешевих палив, утилізацією теплоти тощо.

На сучасних транспортних судах у якості головного двигуна застосовують мало- та середньооборотні дизелі. До їх головних переваг слід віднести високу економічність і можливість роботи на дешевих високов'язких паливах. Однак, застосування високов'язких палив, що містять значну кількість небажаних домішок, вимагає попереднього очищення від забруднень і води, необхідності у системі підігріву і спеціальних мастил для запобігання корозії та абразивного зношування деталей.

Традиційними способами очищення палива на сучасних судах є відстоювання палива у спеціальних відстійних цистернах, сепарація і фільтрація. Однак, ці методи є досить трудомісткими. Підчас сепарації та фільтрації з палива разом із забрудненнями видаляється частина горючих елементів. Все це обумовлює перспективність застосування автоматизованих фільтраційних установок і гомогенізації. У процесі гомогенізації відбувається руйнування смолистоасфальтових утворень і глобул води без втрати горючої частини.

З метою одержання дрібнодисперсної двофазної системи "вода-паливо" доречно використання електричних і магнітних полів. Під дією магнітного і електричного полів сферична глобула води змінює свою форму (розтягується), внаслідок чого, сили поверхневого натягнення краплі зменшуються і вона дробиться на більш дрібні частинки. Стійкість емульсії пов'язана з природою палива і вмістом в ньому поверхнево-активних речовин, а також виникненням у краплі сил електростатичного відштовхування. Заряд у краплі з'являється в результаті електролітичної дії палива. Виникає таке явище як електрокавітація. Протікання цього процесу і створює головний гомогенізуючий ефект.

Магнітна обробка палива здійснюється за допомогою спеціального пристрою – активатора горіння або фізичного каталізатора. Особливістю конструкції сучасних активаторів є використання спеціальної камери з постійними магнітами. Це дозволяє підвищити повноту згоряння палива, підвищити паливну економічність і знизити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигуна. До переваг таких пристроїв слід віднести малі габарити, масу (до 0,5 кг) та простоту при монтажі на вже діючий двигун.

Були розглянуті та проаналізовані конструкції активаторів типу "Тонус", "SuperActivator" та інші. Проведені дослідження підтвердили ефективність дії магнітного поля на паливну економічність роботи ДВЗ. Питома витрата палива при цьому зменшується на 8...10 %. Було виявлено також, що ефект від дії магнітного поля на паливо є нетривалим за часом. Зроблено висновок, що магнітна активація палива буде більш ефективною, коли пристрій для обробки знаходиться якомога ближче до форсунки, щоб не втрачався ефект активації.

Проблема магнітної обробки палива на сьогодні, все ж таки, не достатньо вивчена. Однак, є всі підстави вважати перспективним застосування цього метода в поєднанні з іншими методами обробки палива (хімічною обробкою, сепарацією і фільтрацією).

## ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Федоров О.Г., к.т.н., доц., ОНАХТ, Одеса, [falgri@gmail.com](mailto:falgri@gmail.com)

Сьогодні на більшості виробництв не можна обійтися без використання стисненого повітря. Але разом з тим, використання пневмосистем у виробництві є дуже енергоємним. Як свідчать показники, для одержання стисненого повітря, необхідного в тому чи іншому виробничому циклі, потрібні дуже великі енергоресурси. Разом з тим, фахівці визначили, що всього лише 15% із загального обсягу енерговитрат, які використовуються для одержання стисненого повітря, переходять в корисний енергоресурс, який забезпечує роботу пневмопристроїв для одержання стисненого повітря. Вся інша частина електроенергії перетворюється на теплову енергію, яка виділяється при роботі пневмосистеми.

Такий стан справ породжує потребу замислитися над більш ефективним використанням електроенергії в процесі отримання стисненого повітря. Перше, на що слід звернути увагу - наскільки обґрунтовані ті чи інші виробничі параметри і технологічні показники пневмосистеми при підготовці стисненого повітря. У більшості випадків, наприклад, для підготовки стисненого повітря використовується режим компресора, розрахований на створення тиску 9 атмосфер. У той же час, сучасні технологічні розробки показують, що для забезпечення необхідних обсягів та якості стисненого повітря дуже часто досить всього лише 6 атмосфер.

На сучасних промислових агрегатах, що використовують новітні технології підрахунок використання тиску в процесі роботи пневматичних пристроїв, здійснюється наступним чином: для роботи самої пневмосистеми використовується тиск близько 6 атмосфер; процедура осушення повітря стає причиною втрати 0,3 атмосфери. Аналогічні втрати виходять і на етапі очищення повітря (втрати на фільтрах), а також в мережах пневмосистеми. Разом, загальний обсяг втрат становить приблизно 1,5 атмосфери.

З цього випливає, що для ефективної роботи пневмосистеми та отримання потрібного рівня стиснення повітря, необхідного для виробничого процесу, при якісній і оптимальній схемі використання енергоресурсів досить компресора, розрахованого на створення тиску близько 6-7 атмосфер. Таким чином виходить обмежити необхідність в рівні тиску на 2-3 атмосфери. Одночасно слід зазначити, що для відсутності необхідності для отримання всього лише однієї додаткової атмосфери дозволяє економити близько 5-7% електроенергії. Додаємо до цього також той факт, що зменшення кількості атмосфер також знижує витоку тиску приблизно на 10-12% при економії 1 атмосфери.

Перший крок для забезпечення економії енерговитрат передбачає оптимізацію роботи пневмосистеми, зниження втрат атмосферного тиску і таким чином підвищення ефективності використання електроенергії.

Щоб вийти на мінімальний рівень тиску в пневмомережі, необхідно в першу чергу мінімізувати витоку тиску. Вирішення цього завдання може дати дуже суттєвий ефект в плані оптимізації пневмосистеми для роботи з тиском в межах 5-7 атмосфер. Як показує досвід, домігшись усунення слабких місць в пневмомережі, які були причиною витоку, можна знизити споживання повітря майже наполовину. А це означає що таким чином можна майже наполовину знизити споживання енергії.

Сучасні досягнення показують, що найефективнішим способом домогтися оптимізації енерговикористання при підготовці стисненого повітря є децентралізація пневмосистеми. Для оснащення такої пневмомережі використовуються багатофункціональні компресори, які містять в собі повний цикл виробництва стисненого повітря - сам компресор, систему осушення повітря, масляний і

водяний відокремлювач, систему охолодження, магістральний фільтр, агрегат очищення конденсату, систему рекуперації теплової енергії, автоматичне керування і моніторинг роботи пневмомережі.

При використанні децентралізованої системи виробництва стисненого повітря відсутні істотні витрати, які необхідні в разі використання централізованої системи, яка передбачає наявність адсорбційної осушення. При цьому вартість повітря зростає майже на 30%, оскільки збільшується обсяг електроенергії необхідний на регенерацію адсорбенту, а також виникають додаткові витрати тиску.

У разі ж використання децентралізованої пневмомережі, коли виробничі агрегати, для яких поставляється стиснене повітря, розміщені в тому ж приміщенні, що і компресор, створюється можливість використання системи холодильної осушення. Це дозволяє істотно зменшити енерговитрати на осушку повітря, так як такий тип осушувача зазвичай вмонтований в сам компресор.

Також загальновідомо, що в процесі роботи компресора, проводиться тепло, утворення якого і поглинає істотні обсяги електроенергії. В подальшому значна частина цього тепла розсіюється внаслідок роботи масляної системи. Якщо ж використовувати спеціальний блок рекуперації енергії, утворене тепло може бути повернуто у вигляді гарячої води. Відповідно, це може дозволити направити до 70% електроенергії. Але найбільш розумно використовувати компресорне тепло тільки як додатковий спосіб підігріву води, а не єдино можливий.

Якщо ж використовується повітряна система охолодження, тоді підігріте повітря можна використовувати для обігріву сусідніх приміщень в зимовий час, і таким чином заощадити на опаленні виробничих споруд.

Важливим моментом в плані економії енерговитрат є система управління пневмомережі. Навіть поверхневий моніторинг функціонування системи виробництва стисненого повітря вказує на чіткі коливання обсягів споживання повітря в залежності від часу доби, пори року, виробничих завдань в тому, чи іншому випадку. Звичайні централізовані компресори нездатні враховувати зміни потреб у споживанні стисненого повітря. Це означає, що вони працюють на повну потужність і споживають максимум електроенергії навіть в тих випадках, коли в цьому немає необхідності.

У свою чергу, прогресивні сучасні пневмосистеми базуються на компресорних установках, які дозволяють регулювати швидкість приводу, рівень тиску, обсяги виробництва стисненого повітря в залежності від зміни потреб виробництва в пневмозабезпечення. Це дозволяє економити понад 30% електроенергії, а в загальному підсумку за весь період це означає, що енерговитрати можуть бути знижені майже на 20%.

#### Література

1. Kuznetsov, Yuri V; Nikiforov, Alexandr G. The Prospect of Using Centrifugal and Screw Compressors in the Systems of Centralized and Decentralized Compressed Air Supply of the Industrial Enterprises. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*; Krasnoyarsk 10.3 (2017): 399-406.
2. Обзор мирового рынка компрессоров. По материалам JARN. Мир климата № 84, 2014, с. 18-29.
3. Жучков А.В. Повышение энергетической эффективности промышленных систем воздухообеспечения посредством оптимального сочетания централизованного и децентрализованного распределения. Автореферат диссертации на соиск. учен. степ. канд. тех. наук. – Москва, 2007.
4. Материалы информационного сайта Промышленная компания «Энергомаш» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.energo-mash.com>

УДК: 632-564

## НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДВС

Буданов В.О., к.т.н., доц., Мілованов В.І., д.т.н., проф., Губінов Д.О., ОНАХТ, Одеса,  
[milovanow@ukr.net](mailto:milovanow@ukr.net)

Друга половина 1930-х стала відправною точкою в подальшому розвитку технологій конструювання турбокомпресорів. Йдеться про турбонагнетелях для все тих же літаків, але конструкція механізмів стала набагато досконаліше. Компресор дозволяв істотно форсувати авіаційний двигун. При таких характеристиках стало можливим підвищення максимальної висоти польоту. Найбільший успіх в цьому напрямку мали США, які активно встановлювали турбонагнетатели на бойові літаки з 1938 року. Таке рішення забезпечило якісне поліпшення льотних характеристик на великій висоті. У автоіндустрію турбокомпресори прийшли практично в той же самий час. Першими користь від даного рішення помітили виробники вантажівок, а двигун з турбокомпресором для вантажних авто був побудований в 1938 році. Масове впровадження компресора в конструкцію легкових авто продемонстрували американці, які випустили на ринок моделі з наддувом на початку 60-х. На ранній стадії розвитку автомобільні турбокомпресори зіткнулися з проблемами. Головним мінусом був досить низький рівень їх надійності. Цей нюанс не змогли перекрити явні переваги від використання нагнітача в технічному плані, а самі автомобілі з турбокомпресором тоді не отримали популярності і швидко покинули автомобільний ринок. Зростання популярності турбодвигунів на бензині припав на 70-і роки. [1] Посприяли цьому спортивні авто, а саме боліди Formula 1. Автомобіль з написом «turbo» став символом могутності, драйву і новітніх технологій того часу.

В даний момент саме турбонаддув є найбільш ефективну систему, яка дозволяє істотно підвищити потужність двигуна без необхідності збільшувати частоту обертання коленвала. Немає необхідності також збільшувати об'єм циліндрів. Головною перевагою турбонаддува є не тільки збільшення потужності силової установки. Наддув додатково забезпечує істотну економію палива. Це видно в тому випадку, якщо проводити розрахунок з упором на одиницю потужності. Ще одним плюсом турбодвигуна є менша токсичність відпрацьованих газів. Такий показник досягається за рахунок того, що паливно-повітряна суміш згоряє більш повно порівняно з безнаддувний аналогами. Різні системи турбонаддува застосовується виробниками автомобілів на бензинових і дизельних агрегатах. Ефективність турбонаддува на дизелях в умовах паливної світової кризи і жорстких екологічних норм дозволила такого рішення в останні роки впевнено потіснити бензинові агрегати на світовій арені. Застосування турбонаддува на бензинових агрегатах супроводжується низкою технічних складнощів. До таких відносять можливість появи детонації, яка виникає при різкому збільшенні частоти обертання коленвала. Не менш важливою проблемою турбобензіна є високий температурний показник відпрацьованих газів, який знаходиться на позначці близько 1000 ° C порівняно з 500 600 ° C у дизельних моторів. [2] Все це викликає солідний нагрів турбонагнетателя, що робить необхідним проводити його з дорогих матеріалів і з урахуванням умов експлуатації при таких вкрай високих температурах. Турбіни для бензинових моторів коштують дорого і вимагають регулярного обслуговування. Турбобензиновим мотор особливо вимогливий до якості палива і мастильних матеріалів.

При всіх очевидних перевагах система турбонаддува не позбавлена цілого ряду негативних особливостей. До головних конструктивних недоліків заслужено відносять турболаг (від англ. Turbolag). Під турболагом слід розуміти затримку збільшення потужності двигуна в той самий момент, коли водій різко натискає на педаль газу. Як вже говорилося, такий ефект називається «турбояма». Після паузи відбувається різке збільшення тиску турбонаддува. Таким чином виходить,

що після подолання системою «турбоями» виникає стрибок потужності. Цей стрибок називається «турбоподхват». Турбояма виникає через інерційності системи турбонаддува. Для того щоб ефективно підвищити тиск наддуву при різкому відкритті дроселя, неминуче буде потрібно якийсь час. Це викликає невідповідність між необхідною потужністю в момент такого різкого відкриття заслінки і продуктивністю турбокомпресора.

Сьогодні розроблено кілька способів для зменшення такої затримки-турбоями. Найбільш активно використовуються такі рішення: використання турбін із змінною геометрією; застосування систем твін і бі-турбо, в яких встановлені два послідовних чи паралельних турбокомпресора (twin-turbo, bi-turbo); схема комбінованого турбонаддува; Перше рішення активно використовується на сучасних дизельних моторах, а також зрідка зустрічається і на бензинових агрегатах. Турбіна зі змінюваною геометрією (VNT-турбіна) здатна забезпечувати якісну оптимізацію потоку відпрацьованих газів. [3] Працює дане рішення за принципом зміни площі вхідного каналу. Такі турбіни повсюдно використовують в сучасних двигунах сімейства TDI виробництва Volkswagen.

Твін і бі-турбо на ранньому етапі реалізовувалися у вигляді паралельної установки і застосовувалися для моторів з великим об'ємом V-образного типу. Рішення являє собою установку окремої турбіни на кожен ряд циліндрів такого агрегату. Система влаштована за принципом роботи двох маленьких турбін з характеристикою меншою інерцією порівняно з одним турбокомпресором великого розміру. Подальший розвиток способу породило установку послідовних турбін. При такій установці на мотор двох послідовних турбокомпресорів еластичність і продуктивність системи турбонаддува досягається за рахунок поділу турбокомпресорів стосовно до різних оборотам двигуна. На низьких оборотах працює одна турбіна, а на високих інша. Це рішення дозволяє мінімізувати ефект турбоями.

Зустрічаються конструкції наддуву, коли виробники встановлюють в систему навіть три послідовних турбокомпресора. Рішення називається triple-turbo від баварців BMW, а шедевр автомобілебудування Bugatti отримав вже чотири турбокомпресора із загальною системою під назвою quad-turbo. Не менш поширений і комбінований наддув (від англ. Twincharger). Цей спосіб об'єднав в собі механічний компресор і турбонаддув. [4] Механічний нагнітач забезпечує тиск повітря на низьких оборотах коленвала, а з підвищенням частоти обертання задіюється турбокомпресор і забезпечує необхідний підхоплення. При цьому механічний нагнітач автоматично відключається. Чудовою ілюстрацією такої схеми є система подвійного наддуву від багатьох європейських і американських автовиробників.

На основі наведеного вище матеріалу можна зробити висновок про те, що турбокомпресор є практично єдиним способом істотно підвищити потужність двигуна. Варто додати, що поява турбін нового покоління дозволяє також говорити про значне зростання надійності систем турбонаддува на бензинових силових установках. Що стосується дизельних моторів, то без турбокомпресора сьогодні такий двигун і зовсім важко уявити, а їздові показники і рівень паливної економічності роблять турбодизель одним з кращих пропозицій на сучасному автомобільному ринку.

Основні переваги від застосування турбонаддува

1. Істотне підвищення потужності мотора без збільшення його обсягу.
2. Повніше згорання паливної суміші в циліндрах двигуна, як наслідок велика ефективність в порівнянні з атмосферними двигунами і зниження шкідливих викидів.

Недоліки турбонаддува

1. Висока вартість турбіни, в разі її поломки потрібно витратити на ремонт істотну суму грошей.
2. Підвищений витрата палива. Незважаючи на підвищення ефективності згорання палива, це не повинно вводити в оману. Так, збільшення потужності двигуна на 40-50% призводить до збільшення витрати палива на 15-20%.

3. Турбірований двигун вимагає застосування спеціальних сортів олії і суворого дотримання правил експлуатації.

4. Ефект «турбоями» - для двигунів з турбокомпресором при різкому натисканні на педаль акселератора відбувається помітна затримка в збільшенні оборотів двигуна. Це пов'язано з тим, що паливо спочатку має потрапити в циліндри двигуна, потім згоріти, і тільки потім відпрацьовані гази почнуть розкручувати крильчатку турбіни.

5. В цілому, турбований двигун схильний до підвищених навантажень. Це знижує його ресурс і вимагає більш частого сервісного обслуговування.

#### Список літератури:

1. ГОСТ Р41.83-2004 (Правила ЕЭК ООН № 83) Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей [Текст]. Введен в действие 09.03.2004 г. постановлением № 126-ст. Издание официальное. Москва. ИПК Издательство стандартов. 2004.

2. Системы управления дизельными двигателями. Пер. с нем. 1-е русское изд. [Текст]. — М.:ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004.-480 с.

3. Dr. Frank Schmitt, Dipl.-Ing. Hans-Peter Schmalzl, Dipl.-Ing. Patrick Descamps Neue Erkenntnisse bei der Entwicklung von Aufladesystemen for Pkw-Motoren. Feb.2003. [Электронный ресурс]. — Режим доступа к статье <http://www.turbos.bwauto.com/service/default.aspx?doctype=12>.

4. Hoecker, P.; Pfluger, F.; Jaisle, J. W.; Munz, S. Moderne Aufladekonzepte fur PKW Dieselmotoren 7. Aufladetechnische Konferenz, Dresden, 28. — 29. September 2000. [Электронный ресурс]. — Режим доступа к статье <http://www.turbos.bwauto.com/service/default.aspx?doctype=12>.